BEZIEHUNGEN ZWISCHEN DER LUFTDRUCKVERTEILUNG UND DEN EISVERHÄLTNISSEN DES OSTGRÖNLÄNDISCHEN MEERES

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR

ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE

VON

DER PHILOSOPHISCHEN FAKULTÄT DER FRIEDRICH-WILHELMS-UNIVERSITÄT ZU BERLIN GENEHMIGT.

ACAD. LIBRARY BASEL

VON

WILHELM BRENNECKE
AUS HILDESHEIM

TAG DER PROMOTION: 13. FEBRUAR 1904.

REFERENTEN:

PROFESSOR DR. W. VON BEZOLD

PROFESSOR DR. FREIHERR F. VON RICHTHOFEN.

BERLIN 1904

GEDRUCKT IN DER KÖNIGLICHEN HOFBUCHDRUCKEREI VON E. S. MITTLER & SOHN

KOCHSTRASSE 68—71

SEINER MUTTER

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548904_0058

Bei einer Betrachtung der zahlreichen Fahrten, welche teils der wissenschaftlichen Erforschung der Polargebiete, teils der Erschließung und Ausnutzung von Fanggründen an der Grenze des Eismeeres dienten, fallen die wechselnden Eisverhältnisse auf, welche das Vordringen der Schiffe zuweilen außerordentlich begünstigten, zuweilen gänzlich verhinderten. In dem Ostgrönländischen Meer, zwischen Spitzbergen, Grönland und Island, sind die Menge und Ausbreitung der Eismassen von Jahr zu Jahr und von Monat zu Monat großen Veränderungen unterworfen.

Während in günstigen Jahren die Umsegelung Spitzbergens und der Zugang zur grönländischen Küste keine Schwierigkeiten bietet, ist in eisreichen Jahren Spitzbergen vollständig von Eismassen umgeben; das Erreichen der ostgrönländischen Küste ist für die Schiffe oft unmöglich, und mächtige Eisfelder halten den Sommer hindurch die Nord-, Ost- und zu Zeiten auch die Südküste Islands besetzt.

Diese wechselnden Eisverhältnisse beeinflussen unzweifelhaft die Temperatur des Ostgrönländischen Meeres, da ein großer Teil des Eises hier infolge der Wärme der Luft und der von Süden kommenden Strömungen geschmolzen wird; in eisreichen Jahren wird die Temperatur des Meeres durch den Schmelzprozeß erheblich mehr erniedrigt werden wie in eisarmen Jahren. Demzufolge wird sich auch ein Einfluß auf die Witterung der diese Meere begrenzenden Festländer wahrscheinlich bemerkbar machen. Gleichzeitig ist aber anzunehmen, daß der größere oder geringere Transport von Eis nach südlicheren Gegenden veranlaßt ist durch Schwankungen in der Luftdruckverteilung über dem Grönländischen Meer, da durch dieselbe die Richtung und Stärke der Winde bedingt wird, welche eine Ausdehnung des Eises entweder begünstigen oder verhindern.

Diese Beziehungen zwischen der Luftdruckverteilung und den Eisverhältnissen des Ostgrönländischen Meeres und den Zusammenhang außerordentlich eisreicher oder eisarmer Jahre mit einer negativen oder positiven Temperatur-Anomalie Islands und des nördlichen Europa festzustellen, versuchen die nachfolgenden Ausführungen.

Zwischen Spitzbergen und Grönland tritt aus dem Nördlichen Eismeer eine mächtige Strömung aus, welche sich entlang der Ostküste Grönlands nach Süden bewegt und den Namen „Ostgrönländischer Polarstrom“ führt. Bevor dieser an der Südspitze Grönlands nach Nordwest umbiegt, hat sich jedoch zwischen Island und Jan Mayen der ostisländische Polarstrom abgezweigt, welcher nach Südosten fließt und auf dem Rücken zwischen Island und den Faröer-Inseln mit dem entgegenkommenden Golfstrom zusammentrifft. Die aus dem hohen Norden stammenden Strömungen führen gewaltige Treibeismassen mit sich, welche sich im Nördlichen Eismeer gebildet haben, und teils auf ihrem Transport nach Süden im Ostgrönländischen Meer geschmolzen werden, teils mit der Strömung, um die Südspitze Grönlands herum, in die Davis-Straße und den Labradorstrom gelangen.

Die Nachrichten über die Ausdehnung dieser Treibeismassen im Grönländischen Meere sind in früheren Jahren sehr verstreut und vereinzelt; eine

weit zurückreichende Sammlung der Berichte bis zum Jahre 1874 gibt Chavanne in seiner Arbeit: „Die Eisverhältnisse im arktischen Polarmeere und ihre periodischen Veränderungen“.[1])

Bei weitem ausführlicher sind die Nachrichten für die darauf folgenden Jahre, so daß C. Ryder zum erstenmal neben einer oft eingehenden Schilderung der Eisverhältnisse für die Jahre 1877 bis 1892 die Lage der Eisgrenze im Meer zwischen Grönland, Spitzbergen und Island für die einzelnen Monate der Jahre, soweit Nachrichten vorlagen, kartographisch darstellen konnte.[2]) Von 1894 an findet sich jährlich eine ausführliche Übersicht über die Eisverhältnisse in den Veröffentlichungen des Dänischen Meteorologischen Instituts, welches durch die Beschlüsse des internationalen Geographentages zu Berlin 1899 zur Zentralstelle für sämtliche Eisberichte aus dem Nordpolargebiet ernannt worden ist.

Die vorliegende Arbeit stützt sich hauptsächlich auf das Material der Ryderschen Arbeit und betrachtet es als ihre erste Aufgabe, die Abhängigkeit der Schwankungen in der Lage der Eisgrenze von den Luftdruckverhältnissen über dem Nordatlantischen Ozean abzuleiten. (Da die Luftdruckkarten, welche von der Deutschen Seewarte und dem Dänischen Meteorologischen Institut herausgegeben werden, erst bis zum Jahre 1896 erschienen sind, so konnte die Untersuchung die letzten Jahre nicht berücksichtigen.)

Was das Material angeht, aus welchem die Eisgrenzen der Jahre 1877 bis 1892 abgeleitet sind, so ist vor allem zu betonen, daß infolge des häufig gänzlichen Fehlens von Nachrichten (im Winter liegen überhaupt keine vor) die Grenzen des Treibeises keineswegs vollkommen genau festzulegen sind; hierzu kommt noch, daß oft größere von der Hauptmasse losgetrennte Eisfelder die betreffenden Führer der Schiffe über die wahre Grenzlage des Eises täuschen können.[3]) Es ergibt sich hieraus — wie bei jedem ersten Schritt in neue Gebiete —, daß zunächst der Versuch zu machen ist, die extremen Fälle der Erscheinung auf gemeinsame Ursachen zurückzuführen, also für unsere Untersuchung: die Ursachen der außerordentlich eisreichen sowie der außerordentlich eisarmen Jahre zu finden.

Zur Übersicht gebe ich zunächst eine kurze Charakteristik der Eisverhältnisse der Jahre 1877 bis 1895, indem ich gleichzeitig auf die Karte der beigegebenen Tafel verweise, welche die östlichste und westlichste Lage des Eises im Mai in den verschiedenen Jahren angibt und einem Auszuge der Ryderschen Arbeit in den „Annalen der Hydrographie etc.“ 1897 entnommen ist.

1877.

Normales Jahr. Im Ostgrönländischen Meer ziemlich günstige Eisverhältnisse. An der Nordküste Islands hielt sich das Eis fast den ganzen Sommer und hinderte die Schiffahrt.

1878.

Ungünstiges Jahr. Ostküste Islands lange von Eis besetzt. An der Nordküste schweres Eis bis Mitte Juni. Im Norden normale Eisverhältnisse.

1879.

Günstige Eisverhältnisse sowohl bei Island wie im Ostgrönländischen Meer.

1880.

Günstige Eisverhältnisse. Bei Island wurde fast kein Eis gesehen; im Norden normale Eisverhältnisse.

1881.

Sehr schweres Eisjahr. Südküste Islands im April eisbesetzt, Eis an der Nordküste bis Juni. Jan Mayen liegt noch im Juli im Eisgürtel. Zwischen Island und Spitzbergen ist die Eisgrenze sehr weit nach Ost verschoben; auch die Bären-Insel ist im Mai von Eis eingeschlossen.

---

[1]) Pet. Mitt. 1875, Bd. XXI.

[2]) Isforholdene i Nordhavet 1877 bis 1892 af Carl Ryder. Med 16 Kaart (Saertryk af Tidskrift for Søvaesen). Kjobenhavn 1896. Ferner: Carlo Ryder e Guido Cora: Condizioni del Giacci nel Mar di groenlandia ed adjacenze (ergänzt).

[3]) Vgl. „Verh. d. VII. intern. Geogr. Kongr.“. Berlin 1899. I. S. 161.

1882.

Außergewöhnlich schwere Eismassen zwischen Island, Grönland, Spitzbergen und Nowaja Semlja. Für Islands Nord- und Ostküste sehr ungünstig den ganzen Sommer.

1883.

Im Gegensatz zu 1882 nicht viel Eis bei Island; nördlich davon mehr wie in normalen Jahren.

1884.

Sehr günstiges Jahr; kein Eis bei Island.

1885.

Günstige Eisverhältnisse. Wenig Eis bei Island; Eis im März bei Raufarhavn, April—Mai bei Kap Nord.

1886.

Eisverhältnisse etwas ungünstiger wie in normalen Jahren. Bei Grimsey an der Nordküste Islands lag das Eis von März bis Anfang Juni, außerdem viel Eis in der Dänemark-Straße.

1887.

Ungünstiges Eisjahr. Eis hält fast den ganzen Sommer die Nord- und Ostküste Islands besetzt; nordöstlich von Island dagegen nicht viel Eis.

1888.

Für Island sehr ungünstige Eisverhältnisse. Eis bis Juni—Juli sowohl an Ost- wie Südküste von Island; an letzterer gelangt es bis Vestmannö. Nordöstlich von Island normale Verhältnisse.

1889.

Sehr günstiges Jahr. Bei Island wurde außer einzelnen Schollen im Februar kein Eis gesehen, auch in der Dänemark-Straße war wenig Eis.

1890.

Wenig Eis bei Island, nördlich bis Spitzbergen normale Eisverhältnisse. Eis im Frühjahr ziemlich östlich, im Verlauf des Sommers sich stark zurückziehend.

1891.

Sehr ungünstiges Eisjahr. An der Nordküste Islands Eis bis August, an der Ostküste ging das Eis im Frühjahr bis Berufjord. Zwischen Island und Spitzbergen lag die Eisgrenze außergewöhnlich weit nach Osten. Das Jahr ähnelt dem Eisjahr 1882.

1892.

Für Island ungünstiges Eisjahr. Eis lag den ganzen Sommer an der Nordküste, im Frühling auch an der Ostküste. Nördlich von Island nicht viel Eis.

1893 und **1894.**

In beiden Jahren waren die Eisverhältnisse im Ostgrönländischen Meer ein wenig günstiger als in normalen Jahren.[1])

1895.

Ziemlich ungünstige Eisverhältnisse. Eisgrenze im Grönländischen Meer im Frühjahr weit nach Osten vorgeschoben. Island von Juni an eisfrei; wenig Eis in der Dänemark-Straße.

Ergibt sich schon aus obiger Zusammenstellung die große Verschiedenheit der Eisverhältnisse in den einzelnen Jahren, so wird diese noch anschaulicher bei Betrachtung der erwähnten Karte, welche die extremen Lagen der Eisgrenze im Mai uns angibt und zeigt, daß die Eisgrenze sich in den einzelnen Jahren um Hunderte von Seemeilen westöstlich verschieben kann. Die mittlere

1) Nach einer freundlichen Mitteilung des Herrn Kapt. Garde.

Linie soll die normale Lage des Eises veranschaulichen; in den auf der Karte nicht eingezeichneten Jahren liegt die Eisgrenze zwischen den extremen Grenzen. Es handelt sich nun darum, aus der Gesamtzahl der Eisjahre diejenigen, welche sich entweder durch außerordentlichen Eisreichtum oder durch außergewöhnliche Eisarmut auszeichneten, mit Sicherheit zu sondern. Hierbei ist zu unterscheiden, daß die Eisverhältnisse im Norden und Süden des Meeres zwischen Spitzbergen und Island oft verschieden sind, daß also ein Eisjahr für Island ungünstig sein kann, während die Eisgrenze nördlich von Island normal ist, und umgekehrt. Es hat sich aber ergeben, daß außergewöhnlich ungünstige Eisverhältnisse im Ostgrönländischen Meer sich auch stets bei Island bemerkbar machen.

Demgemäß habe ich als außergewöhnlich eisreiche Jahre einerseits diejenigen angesehen, in welchen das Eis im Frühling oder Sommer bis zur Südküste Islands vorgedrungen ist, wie 1881 und 1888, anderseits diejenigen, in welchen Jan Mayen noch im Juni oder Juli dicht besetzt von Eis war d. h. die Eisgrenze östlich von Jan Mayen verlief wie 1881, 1882 und 1891. Als außergewöhnlich eisarme Jahre habe ich diejenigen ausgewählt, in welchen bei Island fast gar kein Eis gesehen worden ist und auch keine Berichte über anomale Eismassen im Ostgrönländischen Meer vorlagen; es sind dieses die Jahre 1884 und 1889. Daß diese Auswahl zu Recht besteht, zeigt uns die Karte, auf welcher sich die östlichsten Grenzlagen des Eises im Mai in den Jahren 1881, 1882, 1888 und 1891 eingezeichnet finden; von den günstigen Eisjahren 1884 und 1889 sind keine Angaben enthalten.

Wenn wir dazu übergehen, die Ursachen dieser gewaltigen Verschiebungen der Eisgrenze zu erforschen, so ist es vorerst notwendig zu untersuchen, welcher der beeinflussenden Faktoren solche Größenänderungen aufweisen kann, um derartige Schwankungen in der Intensität und Ausbreitung des Eises herbeizuführen. Der Transport des Eises ist abhängig von den Strömungen, welche ihrerseits bedingt sind durch die Tiefenverhältnisse des Meeres, die Konfiguration der Festländer, durch Kompensation, durch Dichtigkeitsunterschiede und in der Hauptsache durch die Strömungen der Atmosphäre: die Winde. Die beiden ersteren Faktoren sind wegen ihrer relativen Unveränderlichkeit auszuschließen, auch kann die Kompensation vernachlässigt werden. Es sind also nur die Schwankungen in den Dichtigkeitsverhältnissen des Meeres und in den Strömungen der Atmosphäre in Betracht zu ziehen. Die Dichtigkeitsverhältnisse sind abhängig von der Temperatur und dem Salzgehalt des Wassers, welche beide in den verschiedenen Jahren erheblich variieren können, jedoch kann die Ursache für diese großen jährlichen Änderungen nur in den Strömungen selbst gefunden werden. Es ergibt sich demnach, daß als einzig zu berücksichtigender Faktor für die Änderungen der Strömungsverhältnisse nur Änderungen in den Strömungen der Atmosphäre — den Windverhältnissen — in Betracht kommen.

Der Einfluß des Windes auf die Bewegung des Eises wird von allen Polarfahrern betont und aus der Erfahrung, welche die Führer der von Eis besetzten Schiffe gemacht haben, geht mit Sicherheit hervor, daß die lokale Grenze des Eises einzig und allein durch den Wind bestimmt wird. So kann ein Sturm, welcher in jenen Gegenden oft mehrere Tage hindurch aus derselben Richtung weht, große Veränderungen in der Lage der einzelnen Eisfelder hervorrufen und freies Fahrwasser schaffen, wo vorher dichtes Packeis sich ausdehnte, und umgekehrt.

Diese lokalen Veränderungen in der Lage des Eises sollen hier nicht betrachtet werden, sondern die großen Verschiebungen in der allgemeinen Grenze der Eislage, welche Hunderte von Seemeilen betragen können. Diese Verschiebungen in der allgemeinen Grenze des Eises im Ostgrönländischen Meer beruhen auf der größeren oder geringeren Intensität und Ausbreitung der polaren Oberflächenströmung, welche entstanden sein müssen durch eine ganz bestimmte, längere Zeit andauernde Luftdruckverteilung über diesem Gebiet, die ein Vorwiegen von bestimmten Winden zur Folge hat. Auch Garde verweist in seinen ausführlichen Darstellungen der Eisverhältnisse der letzten Jahre[1]) stets auf die vorherrschenden Winde der betreffenden Jahreszeit, aus welchen sich zum größten Teil die Lage und das Vordringen des Eises erklären ließen.

[1]) Nautisk Met. Aarbog, Kjobenhavn.

Den großen Einfluß der Luftdruckverteilung auf die Meeresströmungen erkennen wir sofort, wenn wir die Strömungskarte des Nordatlantischen Ozeans mit einer Isobarenkarte vergleichen.

Wir sehen den Golfstrom unter dem Einfluß südwestlicher Winde, welche bedingt werden durch die sich von Neufundland über Island bis zum Nordkap erstreckende Luftdruckfurche, in das Nördliche Eismeer eintreten, während anderseits nördliche Winde den Polarstrom an der Westseite der Depression entlang dem Süden zuführen. Wenn wir auch die sonstigen Ursachen wie Erdrotation, Kompensation, Dichtigkeitsunterschiede und anderes nicht übersehen dürfen, so zeigt der Vergleich der Strömungs- und Luftdruckkarten doch eine solch hervorragende Übereinstimmung, daß wir den Luftströmungen den Hauptanteil an der Erzeugung dieser Meeresströmungen zuschreiben können.[1])

Die Wirkung der Luftströmungen auf die Meeresströmung muß sich noch verstärken, wenn die Oberfläche des Meeres mit Eisschollen und -bergen bedeckt ist, da die Angriffsfläche der Kraft vergrößert wird, indem jede Unebenheit als Segel wirkt. Demgemäß werden Schwankungen in den Windverhältnissen auf einem eisbedeckten nicht durch Küsten eingeengten Meere auch leichter Veränderungen in den Oberflächenströmungen herbeiführen wie unter gewöhnlichen Verhältnissen.[2]) In seiner Diskussion über den Einfluß des Windes auf die Eistrift gibt Nansen[3]) Zahlen für die mittlere tägliche Trift, hervorgerufen durch den Wind, welche also nicht abhängig von anderen Faktoren, wie Zirkulation, Verengung der Strömung etc. sind.

Die durch den Wind hervorgerufene Trift betrug im

2. Jahr	(23./11.	94	bis	23./11.	95):	0,61	naut. Meilen,
2. Winter	(1./10.	94	„	1./6.	95):	0,84	„ „ ,
3. Jahr	(23./11.	95	„	27./6.	96):	0,70	„ „ ,
3. Winter	(1./10.	95	„	1./6.	96):	0,87	„ „ .

Die Zahlen zeigen deutlich, daß die Trift im Winter bedeutend schneller gegangen ist wie im Sommer. Diese Beschleunigung der Trift nördlich von Spitzbergen und Franz-Josephsland ist zurückzuführen auf die intensivere Ausbildung der in Nordeuropa lagernden Zyklone während des Winters; infolge Vertiefung derselben treten an der Nordwestseite heftigere nördliche Winde auf, welche die Bewegung der Polartrift beschleunigen müssen. Diese Tatsache, daß sich periodische Schwankungen in der Luftdruckverteilung auch in der Intensität der Meeresströmungen bemerkbar machen, verstärkt die Aussicht, auch die größere oder geringere Ausbreitung des Polareises im Ostgrönländischen Meere auf Änderungen der Luftdruckverteilung über diesem Gebiet zurückzuführen, wenn dieselben längere Zeit hindurch in demselben Sinne andauern.

Um eine Übersicht zu gewinnen, wie sich die Luftdruckverteilung über dem Grönländischen Meer in den verschiedenen Jahren gestaltet, wurden von mir zunächst für die Jahre 1881 bis 1895 Auszüge aus den Monatskarten gemacht, welche vierteljährlich als Zusammenfassung der täglichen synoptischen Wetterkarten des Nordatlantischen Ozeans erscheinen.[4]) Für jeden Monat der betreffenden Jahre wurden die Differenzen zwischen den Luftdruckwerten der Schnittpunkte des 70. Grades nördlicher Breite mit dem 20. Grad westlicher und 20. Grad östlicher Länge gebildet, welche einen Maßstab für die Richtung und Stärke der in jedem Monat auf dem 70. Breitengrad zwischen Grönland und Nord-Skandinavien herrschenden Winde boten.

Zunächst ergab sich aus dieser Übersicht, daß die Verteilung des Luftdrucks in den verschiedenen Jahren keineswegs stetig annähernd dieselbe ist, sondern daß sehr erhebliche Abweichungen der Luftdruckwerte nicht nur einzelner Monate sondern ganzer Jahreszeiten von den Normalwerten vor-

---

[1]) Vgl. auch v. Boguslawski und Krümmel, Bd. II: Die Windtheorie nach Zöppritz, S. 342 u. folg.

[2]) Science 1900, S. 688. Auch Nansen, Oceanography of North Polar Basin, 1902, S. 688.

[3]) Nansen S. 366.

[4]) Herausgegeben von der Deutschen Seewarte und dem Dänischen Meteorol. Institut.

kommen, wie ebenfalls die älteren Arbeiten von Hoffmeyer und Meinardus ergeben haben. Es galt jetzt, eine Reihe von Monaten ausfindig zu machen, welche in ihrer Gesamtwirkung maßgebend sein konnten für die Ausbreitung der Eismassen, bezw. der Strömungen im Ostgrönländischen Meer. Wenn nun auch nicht immer die Luftdruckverteilung in denselben Monaten bestimmend für die Ausbreitung des Eises im Sommer ist, so ergab sich doch ein nicht zu verkennender Einfluß der Monate März, April und Mai. Dieser Einfluß der Luftdruckverteilung tritt klar zu Tage, wenn man die beigefügte graphische Darstellung (siehe beigegebene Tafel) betrachtet, welche die Luftdruckdifferenzen zwischen 70° N-Br., 20° W-Lg. und 70° N-Br., 20° O-Lg. für den Gesamtzeitraum März—Mai der einzelnen Jahre 1881 bis 1895 darstellt. (Von 1883 sind keine Monatskarten vorhanden, daher fehlt dieses.)

Die ungemein eisreichen Jahre, in welchen sich das Eis entweder bis an die Südspitze von Island im Sommer ausbreitete, oder im Juni und Juli noch die Insel Jan Mayen besetzt hielt, weisen sämtlich eine bedeutend größere Luftdruckdifferenz zwischen Grönland und Nordskandinavien auf, wie die normalen Jahre, in welchen die Luftdruckdifferenz auf 70° N-Br. zwischen 20° W-Lg. und 20° O-Lg. nur 4,1 mm beträgt. Im Gegensatz hierzu steht die minimale Luftdruckdifferenz (fast = 0) in den ungemein eisarmen Jahren, in welchen bei Island kein Eis gesehen wurde und auch sonst keine Nachrichten über ungünstige Verhältnisse vorliegen. Auch die Jahre, welche ich auf Grund der oft sehr unzureichenden Berichte als günstiger oder ungünstiger wie normal bezeichnet habe, sprechen für einen großen Einfluß der Luftdruckverteilung in den Monaten März bis Mai auf die Lage der Eisgrenze.

Nach diesen Voruntersuchungen über die Luftdruckverhältnisse auf 70° N-Br. wurde dazu übergegangen, Luftdruckkarten des Nordatlantischen Ozeans für den Zeitraum März bis Mai zu zeichnen. In Betracht kamen nur die ungemein eisreichen Jahre: 1881, 1882, 1888 und 1891 sowie die ungemein eisarmen Jahre 1884 und 1889. Das Verfahren, welches zu diesem Zwecke eingeschlagen wurde, ist folgendes: Aus den von der Deutschen Seewarte und dem Dänischen Institut gemeinschaftlich herausgegebenen Monatskarten der Luftdruckverteilung über dem Nordatlantischen Ozean wurden für die Monate März, April und Mai die Luftdruckwerte der Schnittpunkte jedes 10. Längen- und jedes 5. Breitengrades ausgezogen und zum Vierteljahrsmittel vereinigt. Aus diesen neuen Mittelwerten wurden sodann für die betreffenden Zeiträume der obengenannten sechs Jahre neue Luftdruckkarten konstruiert, welche das Gebiet des Nordatlantischen Ozeans zwischen 75° und 40° N-Br. umfassen. Außerdem wurde die normale Luftdruckverteilung (März – Mai) in diesem Gebiet dargestellt durch eine Karte, welche aus den auf 20jährige Mittelwerte reduzierten Karten des Rungschen Atlasses[1]) kombiniert ist (siehe beigegebene Tafel).

Wenn wir diese letztere zuerst betrachten und mit einer Strömungskarte des Nordatlantischen Ozeans vergleichen, bemerken wir wieder die Abhängigkeit der Strömungen von der Luftdruckverteilung, indem die südwestlichen Winde den Golfstrom nach Nord führen und ihn nach Skandinavien hinüberleiten, indessen die nördlichen Winde die Polartrift nach Süden führen. Von besonderem Interesse erscheint aber die Luftdruckverteilung im Frühjahr für die Erklärung einer Strömung, welche entgegen der ablenkenden Kraft der Erdrotation, von Nord kommend, nach Osten abweicht, nämlich des ostisländischen Polarstroms. Pettersson weist in seiner Arbeit: „Die Wasserzirkulation im Nordatlantischen Ozean“[2]) nachdrücklich auf diese Eigentümlichkeit des Stromes hin, welcher sich südlich von Jan Mayen von der Hauptströmung trennt und in südöstlicher Richtung gegen die Bodenschwelle zwischen Island und den Färöer fließt. Nach meiner Ansicht dürfte sich diese Strömung zum großen Teil erklären lassen durch die längs der norwegischen Küste südlich bis zum 65. Breitengrad sich erstreckende Depression, welche an ihrer Westseite west- und nordwestliche Winde bedingt, die eine Ablenkung der Wassermassen des Polarstroms nach Südosten veranlassen, außerdem dürfte die Einengung des Bettes des ostgrönländischen Polarstroms bei Island ein Abfließen der Wassermassen nach Osten begünstigen. Pettersson führt die Existenz dieses Zweigstroms in der

[1]) L. Rung: Répartition de la pression atmosphérique sur l'Océan Septentrional, d'après les observations de 1870—1889. 1894.

[2]) Pet. Mitt. 1900, S. 82 u. f.

Hauptsache auf die an der Schmelzkante des Polarstroms infolge des Schmelzprozesses freiwerdende Energie zurück, jedoch ist es sehr fraglich,[1]) ob diese Kraft hinreichend sein würde zur Bewegung solch enormer Wassermassen. Ferner kommt hinzu, daß dieser Strom in seiner Intensität erhebliche Schwankungen erleidet, daß er oft völlig eisfrei ist, oft aber auch erhebliche Mengen Eis mit sich führt. Diese Verstärkung der Strömung würde sich erklären lassen durch die Vertiefung der norwegischen Depression, welche eine Verstärkung des Luftdruckgradienten und somit eine Verstärkung der westlichen und nordwestlichen Winde zur Folge hätte.

Gehen wir nun zu einer Betrachtung der für die ungemein eisreichen und eisarmen Jahre hergestellten Luftdruckkarten über, so treten uns sofort prinzipielle Unterschiede in der Luftdruckverteilung über dem Ostgrönländischen Meer entgegen. In den eisarmen Jahren 1884 und 1889 ist das barometrische Minimum, welches in normalen Jahren längs der Westküste Skandinaviens lagert, vollständig verschwunden. In dem ganzen Gebiet, welches für den Transport des Eises aus höheren Breiten in Betracht kommt (im Ostgrönländischen Meer nördlich 70° Breite), herrschen nur geringe Luftdruckunterschiede, und die Isobaren verlaufen in der Hauptrichtung von Westen nach Osten. Demgemäß werden im Ostgrönländischen Meer keine nördlichen, sondern hauptsächlich östliche Winde von mäßiger Stärke vorwiegen; die Polarströmung wird weniger kräftig entwickelt sein wie in normalen Jahren und es wird infolgedessen auch weniger Eis nach Süden transportiert werden. Fernerhin werden sich bei Island infolge der hier liegenden umfangreichen Depression kräftige östliche Winde entwickeln, welche den Polarstrom von Island fernhalten und die Tendenz haben, ihn gegen die grönländische Küste zu pressen und dann südwärts zu führen. Demgemäß lauten auch die Berichte über die Eisverhältnisse in diesen beiden Jahren. Im Jahre 1884 wurde überhaupt kein Eis bei Island gesehen, und die Eisgrenze im Ostgrönländischen Meer und in der Dänemarkstraße lag etwas westlicher wie in normalen Jahren. Die Robbenfänger kamen sehr nahe an die grönländische Küste, vor welcher nur wenig Eis lag. Auch im Jahre 1889 war Island seit Februar völlig eisfrei, ebenso war in der Dänemarkstraße der Eisgürtel sehr schmal. In keinem der anderen Jahre des Zeitraumes 1877 bis 1895 waren die Eisverhältnisse an den grönländischen Küsten so günstig wie in den Jahren 1884 und 1889.

In den ungemein eisreichen Jahren 1881, 1882, 1888 und 1891 bemerken wir eine gänzlich andere Luftdruckverteilung über dem Ostgrönländischen Meer wie in den eisarmen Jahren. Die sonst nur schwache Depression bei Skandinavien hat sich in den Jahren 1881, 1882 und 1891 bedeutend vertieft, und der Luftdruck ist in den Monaten März bis Mai um etwa 4 mm tiefer wie in normalen Jahren. In allen vier Jahren ist aber der Gradient zwischen Grönland und Nordskandinavien ganz erheblich größer wie normal, und die Isobaren verlaufen in nordost—südwestlicher Richtung. Infolgedessen haben wir in den ungemein eisreichen Jahren bei hohem Luftdruck über Grönland eine außergewöhnliche Verstärkung der Winde aus nördlichen Richtungen und demgemäß eine größere Intensität und Ausbreitung des Polarstroms und einen größeren Transport von Eismassen nach südlicheren Gegenden.

Ich gehe nun zu einer näheren Betrachtung der ungemein eisreichen Jahre über, zu deren Erklärung ich einerseits auch die Eisverhältnisse in den anderen Jahren und anderseits die Luftdruckverteilung in den Monaten, welche dem Zeitraum März—Mai vorangehen, berücksichtigen werde.

Im Zusammenhang müssen die Eisverhältnisse der Jahre 1881 und 1882 betrachtet werden, da beide solch abnorme Eisverhältnisse aufweisen, daß ihre zeitliche Aufeinanderfolge nicht nur zufällig, sondern bedingt ist. Im Jahre 1881 liegen die Grenzen des Eises so weit östlich wie in keinem der anderen eisreichen Jahre. Die Insel Jan Mayen auf dem 71. Grad nördlicher Breite ist während der Monate März bis Juli stetig innerhalb der Eisgrenze; die Bären-Insel ist im Mai völlig von Eis besetzt, und noch im Juli geht die Eisgrenze südlich von Spitzbergen vorbei. Aber auch Island hat ein äußerst ungünstiges Eisjahr. Die Berichte erwähnen, daß der Winter 1880/81 der schwerste Winter seit Jahr-

[1]) Confer: Nansen, Some oceanographical results of the expedition with the „Michael Sars". Christiania 1901, S. 156.

zehnten gewesen sei; das Eis besetzte schon zu Beginn des Jahres 1881 die Nordküste der Insel und gelangte im April bis Kap Reykjanes an der Südwestküste, während es im Mai die ganze Ost- und Nordküste besetzt hielt. Ebenso liegen Nachrichten über sehr ungünstige Eisverhältnisse in der Dänemark-Straße vor.

Im Jahre 1882 sind die Eisverhältnisse nördlich von Island im Ostgrönländischen Meere, ähnlich denen des Jahres 1881, außergewöhnlich ungünstig, und die Eisgrenze ist weit nach Osten vorgeschoben. Bei Spitzbergen scheinen jedoch die Verhältnisse im Sommer günstiger gewesen zu sein wie das Jahr vorher, da im Juni Ost- und Westküste der Insel zugänglich waren; an der Nordküste waren jedoch große Eismengen, und dieselbe blieb den ganzen Sommer unzugänglich. Auch für Island waren die Eisverhältnisse sehr ungünstig, aber das Eis hielt sich hauptsächlich an der Nord- und Ostküste; an ersterer blieb es allerdings den ganzen Sommer. Zu bemerken ist noch, daß in den ersten Monaten des Jahres Island ziemlich eisfrei war. In der Dänemark-Straße war der Eisgürtel sehr breit, jedoch das Eis selbst lose, so daß die Schiffe im Eis gut vorwärts kamen.

Um diese beiden schweren Eisjahre erklären zu können, ist es notwendig, auch noch die Verteilung des Luftdrucks über dem Grönländischen Meer während der Wintermonate in den Kreis der Betrachtung zu ziehen. Von großer Bedeutung für die Eisverhältnisse des Jahres 1881 waren die Luftdruckverhältnisse in den Monaten Dezember 1880 bis Februar 1881, welche von Meinardus in seiner Arbeit: „Der Zusammenhang des Winterklimas in Mittel- und Nordwest-Europa mit dem Golfstrom“,[1]) kartographisch dargestellt sind. Während dieses Zeitraums bestanden außergewöhnlich große Luftdruckunterschiede zwischen Grönland und Skandinavien, welche heftige nördliche Winde bedingten, so daß die Temperatur in Nord-Europa bedeutend unter der normalen lag. (Der Gradient zwischen Nord-Grönland und Nord-Skandinavien betrug während des Winters im Durchschnitt über 13 mm.) Hiermit im Zusammenhang steht das frühe Eintreffen starker Eismassen bei Island, sowie der strenge Winter auf dieser Insel. Nachdem solcherart durch die extreme Luftdruckverteilung im Winter der Polarstrom eine große Steigerung seiner Intensität erfahren hatte und große Eismassen in das Grönländische Meer hinabgeführt waren, bedingte die in der Karte dargestellte Luftdruckverteilung während der Monate März bis Mai eine weitere Verstärkung der Strömung und eine Ausbreitung des Eises nach Osten. Wir sehen, daß an der Nordspitze der Skandinavischen Halbinsel ein tiefes Minimum sich befindet, welches starke nordwestliche Winde veranlaßt. Hierauf zurückzuführen ist die Eisbesetzung der Bären-Insel im Mai.

Gänzlich entgegengesetzt wie im Winter 1880/81 waren die Luftdruckverhältnisse im darauffolgenden Winter 1881/82, welche ebenfalls wieder von Meinardus in seiner oben erwähnten Arbeit kartographisch dargestellt sind.

Wir finden hier, daß der Gradient zwischen Grönland und Skandinavien äußerst gering ist, daß dagegen heftige südwestliche Winde eine Verstärkung der äquatorialen Strömung, des Golfstroms, bewirken müssen. Trotzdem ergibt sich im Sommer eine abnorm große Ausbreitung des Eises nach Süd und Ost. Diese kann also nur bewirkt sein durch die Luftdruckverteilung im Frühjahr, und eine Betrachtung der diesbezüglichen Luftdruckkarte bestätigt unsere Annahme.

Die Luftdruckfurche bei Norwegen ist in den Monaten März—Mai 1882 wieder wie 1881 bedeutend vertieft und muß eine starke, vorherrschend nördliche Windströmung erzeugen, welche die Eismassen des vorigen Sommers von Nord-Spitzbergen etc. nach Süden führt. Mit diesen Luftdruckverhältnissen in Einklang steht die Lage der Eisgrenze in den verschiedenen Monaten und in den verschiedenen Teilen des Meeres. Wir sehen, daß die Eisgrenze im März des Jahres im Ostgrönländischen Meer infolge der winterlichen Luftdruckverteilung, welche die Entwicklung des Polarstroms hemmte, völlig normal verläuft (siehe Karte 1882); auch Island ist in diesem Monat noch eisfrei. Bald aber macht sich die Wirkung der tiefen Luftdruckfurche bei Norwegen und des hierdurch bedingten starken Gradienten bemerkbar. Die Grenzen des Eises in den Monaten April—Juni sind wie im Jahre 1881 anomal weit nach Osten vorgeschoben, jedoch hat sich die östlichste Ausbuchtung des Eises im Ostgrönländischen Meer mehr

[1]) „Ztschr. d. Gesellsch. f. Erdk.“ Berlin XXXIII, 1898.

nach Süd verschoben, wie auch die Eisfreiheit von Spitzbergen und der Bären-Insel zeigen. Dieses, sowie die Tatsache, daß das Eis nicht bis zur Südküste Islands vordrang und auch für die Schiffe nicht so schwierig zu bewältigen war wie 1881, spricht dafür, daß der Luftdruckgradient zwischen Grönland und Norwegen im Winter mit maßgebend ist für die Ausbreitung des Eises im Sommer; daß dieser nicht der Hauptfaktor ist, zeigen die gänzlich verschiedenen Luftdruckverhältnisse der Winter 1880/81 und 1881/82, welche beide von ungemein eisreichen Sommern gefolgt wurden.

Das Jahr 1888 zeichnet sich vor allem durch eine sehr starke Eisbesetzung von Island aus. An der Nordküste traf das Eis, wie 1881, schon bei Beginn des Jahres ein, im Mai hielt es die Ostküste besetzt und erstreckte sich weithin nach Osten, um im Juni bei Portland, Vestmannö u. a. die Südküste einzuschließen. An der Nord- und Ostküste von Island lag das Eis noch im Juli und August. Ebenso waren die Eisverhältnisse in der Dänemark-Straße sehr ungünstig, während im Ostgrönländischen Meer die Eisgrenze — soweit Nachrichten vorliegen — im Sommer normal verlief. Die Luftdruckverhältnisse über dem Ostgrönländischen Meer sind in diesem Jahre von denjenigen der drei anderen ungemein eisreichen Jahre während des Zeitraumes März—Mai verschieden, indem 1888 die Luftdruckfurche bei Norwegen sehr flach ist. Während in den anderen Jahren der Luftdruck hier weniger wie 754 mm beträgt, schließt 1888 die Isobare von 758 den tiefsten Druck ein; dahingegen ist das über Grönland lagernde Hochdruckgebiet nach Südost verschoben und bedeutend verstärkt; fast ganz Grönland liegt innerhalb der 762 mm-Isobare. Infolge dieser Verstärkung des hohen Drucks über Grönland ist der Luftdruckgradient auch in diesem Jahr zwischen Grönland und Skandinavien wieder bedeutend größer wie im normalen Vierteljahr von März—Mai und erklärt die starke Eisbesetzung von Island und den Eisandrang in der Dänemarkstraße. Daß die Ausbreitung des Eises nach Osten im Grönländischen Meer gering ist, ist darauf zurückzuführen, daß die charakteristische Luftdruckfurche bei Nordskandinavien mit dem Luftdruckrücken im Süden in diesem Jahre fehlt, daß daher auch keine westliche Komponente der nördlichen Luftströmung vorhanden ist und daher keine Ausbreitung des eisbedeckten Polarstroms stattfinden konnte wie in den Jahren 1881, 1882 und 1891.

Ebenso wie im Jahre 1881 war auch 1888 der Wintergradient zwischen Grönland und Skandinavien sehr groß, so daß das Eis schon zu Beginn des Jahres auf Island eintraf und später die Südküste besetzte.

Das Jahr 1891 zeigt in seinen ungünstigen Eisverhältnissen Ähnlichkeit mit 1882. Ähnlich wie im letzteren Jahre lag auch 1891 die Eisgrenze im Mai östlicher wie in den vorhergehenden Monaten und erreichte auf 74° N-Br. den 13° O-Lg.; im Juni war Jan Mayen noch völlig von Eis eingeschlossen. Aber auch im Norden und Süden waren die Eisverhältnisse höchst ungünstig. Die Bären-Insel war im Juli von Eis besetzt, und an Islands Nordküste blieb dasselbe bis August, während die Ostküste im Mai eisfrei wurde. An der Südküste von Island lag in diesem Jahr kein Eis, dagegen wird über schweres Eis in der Dänemarkstraße berichtet.

Die Luftdruckverhältnisse von 1891 ähneln ebenfalls denen des Jahres 1882. Im Winter finden wir in beiden Jahren eine für die Ausbreitung des Eises ungünstige Luftdruckverteilung, während in den Monaten März—Mai ein starker Gradient zwischen Grönland und Skandinavien vorhanden ist, welcher starke nördliche Winde bedingt.

In beiden Jahren sehen wir die Wirkung der winterlichen, für die Ausbreitung des Eises ungünstigen Luftdruckverteilung wiedergegeben in der westlicheren Lage der Eisgrenze im März—April während sich die Wirkung des Gradienten (März—Mai) deutlich in der extremen Lage der Eisgrenze im Mai und in den späteren Monaten ausdrückt. Obgleich 1882 sowohl wie 1891 schwere Eisjahre für Island gewesen sind, so ist doch in diesen beiden Jahren nicht, wie 1881 und 1888, das Eis bis zur Südküste der Insel vorgedrungen.

Aus den obigen Darlegungen ergibt sich, daß die Lage der Eisgrenze im Ostgrönländischen Meer während des Sommers bedingt ist durch die Luftdruckverhältnisse des Nordatlantischen Ozeans im Frühjahr. Wenn auch die Luftdruckverteilung während des Winters in ihrer

Wirkung nicht zu vernachlässigen ist, so zeigen doch die gänzlich entgegengesetzten Winter 1881 und 1882, daß maßgebend für die Ausbreitung des Eises im Frühling und Sommer vornehmlich die Verteilung des Luftdrucks in den Monaten März bis Mai ist. Während wir in den ungemein eisarmen Jahren als Charakteristikum den ost—westlichen Verlauf der Isobaren in höheren Breiten und schwache Druckunterschiede zwischen Nordskandinavien und Grönland bemerken, haben wir in den ungemein eisreichen Jahren einen nordost—südwestlichen Verlauf der Isobaren und steile Gradienten. Der große Luftdruckgradient auf dem Ostgrönländischen Meere ist vornehmlich gebunden an ein scharf ausgeprägtes Minimum bei Nordskandinavien; auf den anderen Gebieten ist die Luftdruckverteilung in den einzelnen eisreichen Jahren vollständig variabel. Dieses läßt sich gut aus der folgenden Tabelle entnehmen, welche für die sechs diskutierten Jahre die Abweichungen des Luftdruckes vom 20jährigen Mittel auf den verschiedenen Breiten- und Längengraden angibt.

Luftdruck (März—Mai) und Abweichungen.

(Nordatlantischer Ozean und angrenzende Gebiete.)

N-Br.	Länge *)	20jähr. Mittel	Abweichungen						N-Br.	Länge *)	20jähr. Mittel	Abweichungen					
			1881	1882	1888	1891	1884	1889				1881	1882	1888	1891	1884	1889
° ′	°								° ′	°							
75 0	0	61,3	—2,0	—4,0	+1,4			—0,7	55 0	—25	58,7	—2,2	—2,7	+0,9	+1,6	—4,8	—3,0
75 0	10	59,4	—2,2	—4,9	+1,6			—0,4	55 0	—15	59,2	—0,4	—2,2	—1,0	—0,1	—4,5	—2,9
75 0	20	58,1	—2,6	—5,3	+1,6			+0,3	55 0	— 5	60,3	+0,2	—2,0	—2,7	—2,1	—2,3	—2,1
72 30	5	58,7	—1,0	—3,1	+1,0			+0,2	55 0	5	60,3	+0,8	—0,4	—3,5	—3,1	—0,8	—2,2
72 30	15	57,2	—1,6	—4,3	+0,8			+0,9	50 0	—70	61,3	—2,4	+0,9	+1,4	+0,5	—0,8	—1,1
72 30	25	56,9	—3,4	—4,0	+0,4		+2,8	+1,2	50 0	—60	59,8	—1,9	0,0	+0,9	—0,3	+0,1	—1,1
70 0	—70	62,9	—3,6	—2,2	+2,2	—1,4	—3,6	—4,1	50 0	—50	58,8	—2,6	—0,8	—0,3	+0,7	—0,6	+0,2
70 0	—60	61,2	—2,8	—2,5	+2,5	—0,6	—2,3	—3,9	50 0	— 40	59,1	—4,5	—1,7	—0,8	+2,2	—1,9	+0,9
70 0	—40	61,6	—2,7	—1,5	+3,7	+1,8	—1,4	—3,9	50 0	—30	60,3	—3,9	—2,0	—0,9	+2,0	—3,5	—0,1
70 0	—30	61,9	— 1,8	—1,3	+2,9	+1,7	—1,9	—2,9	50 0	—20	60,8	2,0	—1,2	— 1,1	+0,2	—4,0	—1,3
70 0	—20	61,6	—0,6	—2,2	+2,4	+1,4	—1,9	—1,6	50 0	—10	60,9	0,0	—0,7	—1,7	—1,6	—2,3	—1,7
70 0	—10	60,2	+0,1	—2,7	+1,1	+0,7	—0,9	—0,7	50 0	0	61,1	+0,7	+0,6	—1,7	—2,3	—0,6	—2,4
70 0	0	58,5	0,0	—3,3	+0,6	—0,5	—0,1	+0,6	45 0	—55	59,9	—2,5	+0,9	—0,1	+0,4	—1,0	+1,0
70 0	10	57,4	+0,4	—3,2	—0,1	—1,4	+1,2	+0,8	45 0	—45	60,3	—4,5	+0,4	—1,7	+0,8	—1,0	+2,4
67 30	— 5	58,3	+1,0	—3,1	+0,3	—0,1	—1,6	+0,3	45 0	—35	61,8	—4,7	—0,3	—1,3	+1,3	—2,0	+2,0
67 30	5	57,6	—0,4	—2,9	—1,0	—1,6	+0,4	+0,7	45 0	—25	62,9	—3,8	0,0	—1,0	+0,1	—2,7	+1,5
65 0	—80	65,3	—4,0	—1,6	+1,7	—1,7	—5,0	—4,2	45 0	—15	62,5	—1,9	+0,2	—1,2	—1,1	—2,5	—0,4
65 0	—70	62,6	—3,6	—2,2	+2,6	—1,6	—4,2	—3,9	45 0	— 5	61,8	—0,4	+0,5	—1,8	—1,5	—1,5	—1,1
65 0	—60	59,9	—2,8	—2,0	+2,8	—0,7	—2,7	—4,1	40 0	—70	60,5	—1,8	+2,5	+2,6	+2,3	—0,9	—0,3
65 0	—40	59,1	—2,5	—1,5	+4,2	+2,4	—1,9	—3,0	40 0	—60	59,6	—1,6	+2,4	+1,0	+1,8	—1,3	+1,2
65 0	—30	58,0	—1,8	—2,1	+3,9	+2,1	—6,8	—2,9	40 0	—50	61,5	—3,4	+1,5	—1,5	+0,2	—0,7	+2,6
65 0	—10	58,4	+0,6	—3,9	—0,2	+1,7	—2,9	—1,2	40 0	—40	63,2	—3,2	+1,2	—1,9	—0,3	—0,4	+2,9
65 0	0	58,1	+0,5	—3,2	—1,4	—0,3	—1,1	—0,6	40 0	—30	64,2	—2,9	+2,2	—0,6	—0,2	—0,7	+2,9
65 0	10	58,4	—0,8	—3,0	—2,3	—2,1	+1,0	+0,5	40 0	—20	64,1	—3,2	+1,9	—0,1	—0,4	—1,2	+2,2
65 0	20	60,2	—2,8	—3,4	—2,1	—1,4	+2,0	+0,2	40 0	—10	61,9	—0,6	+2,3	+0,1	+0,2	—1,5	+0,9
60 0	—80	65,2	—2,6	—0,3	+1,4	—0,7	—4,2	—3,0	35 0	—65	61,6	—1,9	+1,7	+2,2	+1,7	—0,8	—0,4
60 0	—70	62,7	—2,4	—0,4	+2,3	—1,0	—2,9	—3,0	35 0	—55	62,0	—1,5	+2,2	+0,6	+1,4	+0,3	+2,4
60 0	—60	59,4	—2,2	0,0	+3,1	—0,7	—1,2	— 2,8	35 0	—45	64,2	—2,1	+1,8	—1,0	—0,5	+0,2	+3,1
60 0	—50	57,0	—2,2	—0,4	+3,4	+1,5	—0,6	—3,4	35 0	—35	65,3	—1,1	+2,6	—0,2	—1,4	+0,1	+3,0
60 0	—40	57,1	—3,0	—1,6	+4,8	+2,3	—2,8	—3,4	35 0	—25	65,3	—1,7	+3,7	+0,6	—0,5	+0,6	+2,7
60 0	—30	56,6	—2,4	—2,6	+3,7	+2,5	—4,2	—3,5	35 0	—15	63,4	—1,1	+2,9	+0,3	+0,9	—0,4	+2,3
60 0	—20	57,4	—1,1	—2,9	+0,9	+1,2	—4,9	—3,4	30 0	—60	63,6	—2,4	+1,7	+1,7	+1,0	0,0	+0,8
60 0	—10	58,7	—0,2	—2,6	—1,5	—0,7	—3,4	—2,6	30 0	—50	64,8	—0,8	+1,8	+0,5	+0,1	+0,6	+2,2
60 0	0	58,9	+0,6	—2,2	—2,8	—2,2	—1,1	—1,0	30 0	—40	65,8	—0,2	+2,1	+0,1	—0,6	+0,6	+2,9
60 0	10	59,9	—0,3	—2,4	—2,7	—2,3	+0,9	—0,3	30 0	—30	66,0	—0,1	+3,5	+1,3	—0,7	+1,0	+2,6
55 0	—75	63,9	—2,6	+2,2	+1,0	—0,2	+1,1	—2,0	30 0	—20	64,7	—0,2	+2,9	+1,1	+0,4	+0,8	+2,5
55 0	—65	61,4	—2,3	+0,1	+1,5	—0,5	—0,7	—1,8									
55 0	—55	58,8	—2,0	—0,4	+1,3	—0,5	—1,0	—2,2	Alten Bodö	norw. Küste	58,2	—4,1	—4,2	—1,1	—2,2	+2,1	+0,9
55 0	—45	57,8	—3,1	—1,4	+1,8	+1,2	—1,4	—1,9			58,3	—2,3	—3,2	—1,4	—1,6	+1,9	+0,6
55 0	—35	58,1	—3,5	—2,3	+1,8	+2,3	— 3,7	—2,0									

*) — bedeutet westlich von Greenwich.

Eine gleichsinnige Luftdruckabweichung für die eisreichen, und entgegengesetzt für die eisarmen Jahre, finden wir nur bei Nordskandinavien; besonders gut wird dieses ausgedrückt durch die Stationen Bodö und Alten.[1]) In den eisreichen Jahren ist hier der Luftdruck bedeutend zu tief, in den eisarmen zu hoch. Die Jahre 1881 und 1882 weisen in vieler Beziehung in der Verteilung des Luftdruckes im März bis Mai Ähnlichkeit mit den eisarmen Jahren 1884 und 1889 auf; in allen vier Jahren ist der Luftdruck über Grönland normal, indessen das Minimum südwestlich von Island bedeutend vertieft ist; der wesentliche Unterschied besteht nur darin, daß in den eisreichen Jahren sich eine tiefe Luftdruckfurche bei Nordskandinavien befindet, so daß hier der Luftdruck um mehr als 4 mm tiefer ist wie in normalen Jahren, während in den eisarmen Jahren der Luftdruck höher ist. Im ersteren Fall findet eine Verstärkung, im letzteren Fall eine Abschwächung des Gradienten statt. Anders ist die Luftdruckverteilung in den Jahren 1888 und 1891: Das Luftdruckminimum südwestlich von Island fehlt ganz, die Luftdruckfurche bei Skandinavien ist nur um 1 bis 2 mm tiefer wie in normalen Jahren; dagegen ist das Hochdruckgebiet über Grönland bedeutend verstärkt und nach Osten verschoben, so daß hierdurch die Verstärkung des Luftdruckgradienten zwischen Grönland und Skandinavien erreicht wird. Es ergibt sich also, daß die größere Intensität der nördlichen Luftströmungen einerseits durch eine Vertiefung der Luftdruckfurche bei Nordskandinavien, andererseits durch eine Verstärkung des grönländischen Hochdruckgebietes bewirkt werden kann, während die Luftdruckverhältnisse südlich des 65. Breitengrades nicht maßgebend sind.

Ich gehe nun zu einer kurzen Besprechung der Temperaturverhältnisse der Luft und des Meeres in den ungewöhnlich eisreichen und eisarmen Jahren über. Am deutlichsten wird sich die Wirkung der Vorstöße und Rückzüge des Eises unzweifelhaft bei Island zeigen, dessen Küsten oft monatelang von Eis besetzt sind. Die Häufigkeit heftiger nördlicher Winde, welche, wie wir oben gesehen haben, charakteristisch für die eisreichen Jahre sind, muß zusammen mit der Eisbesetzung der Insel stark abkühlend auf die Lufttemperatur derselben wirken, während in den eisarmen Jahren der erwärmende Einfluß der süd- bis östlichen Winde in der Erhöhung der Lufttemperatur zutage treten wird. Ähnlich wird es sich mit den Temperaturen der Meeresoberfläche verhalten, nur wird hier die Wirkung einer Änderung der Luftdruckverteilung und somit der Windverhältnisse oft stark verzögert zutage treten. Zur besseren Veranschaulichung sind die Abweichungen der Luft- und Wassertemperaturen mit den Luftdruckdifferenzen auf 70° Breite zu einer Darstellung vereinigt, welche unsere Voraussetzungen bestätigt. (Tafel.)

Die drei Kurven zeigen mit geringfügigen Ausnahmen einen völlig parallelen Verlauf: in den eisreichen Jahren 1881, 1882, 1888 und 1891 liegt sowohl das Mittel der Lufttemperatur wie auch dasjenige der Oberflächentemperatur des Wassers in den Monaten März bis Mai unter Normal, in den eisarmen Jahren 1884 und 1889 über Normal. Nur im Jahre 1889 zeigt sich eine Abweichung. Während das Mittel der Lufttemperatur über dem normalen liegt, ist die Temperatur der Meeresoberfläche noch um 0,5° im Durchschnitt zu kalt. Dieses dürfte sich erklären lassen aus der gewaltigen Entwicklung der polaren Strömungen und dem Zurückdrängen des Golfstromes in den Jahren 1886 bis Mitte 1889. Einen Überblick hierüber gewährt die nachfolgende Tabelle, welche die Abweichungen der Monatsmittel für die Oberflächentemperatur des Meeres zu Papey (an der Ostküste von Island) vom 20jährigen Mittel (1876—1895) angibt.

[1]) Die Werte für diese Stationen sind auch den Wetterkarten des Nordatlantischen Ozeans entnommen.

	1886	1887	1888	1889
Januar	— 1,3	+ 0,2	— 0,8	— 0,3
Februar	— 0,3	— 0,1	— 1,7	— 1,6
März	— 0,1	0,0	— 1,8	— 0,7
April	— 0,5	— 0,6	— 1,8	— 0,5
Mai	— 0,1	+ 0,7	— 2,5	— 0,4
Juni	— 0,7	— 0,3	— 2,1	— 0,1
Juli	— 0,6	— 1,4	— 1,2	+ 0,9
August	— 0,7	— 4,0	— 1,2	+ 0,7
September	— 0,7	— 3,1	— 1,2	+ 0,4
Oktober	0,0	— 2,6	— 2,7	+ 1,6
November	— 0,3	— 2,7	— 1,2	+ 1,4
Dezember	— 1,4	— 2,8	— 0,1	+ 1,7

Die obigen Zahlen zeigen, daß während eines Zeitraumes von 42 Monaten die Temperatur der Meeresoberfläche bei Papey sich nur in zwei Monaten über die normale Monatstemperatur erhebt; in den übrigen Monaten liegt sie konstant unter der normalen Temperatur, bis im Juli 1889 eine positive Temperaturanomalie eintritt. Diese konstante negative Temperaturanomalie der Meeresoberfläche bei Island steht in Zusammenhang mit dem Eisreichtum der Jahre 1886, 1887 und 1888 im Ostgrönländischen Meer und zeigt ein andauerndes Übergewicht der polaren Strömungen über die äquatorialen an. Im Jahre 1888 ist die Überflutung mit polarem Wasser am größten und ausgebreitetsten, wie auch die Beobachtungen über die Temperatur der Meeresoberfläche bei Ona und Andenes (an der norwegischen Küste) beweisen; bei beiden Stationen ist das Meer während des ganzen Jahres kälter wie in normalen Jahren.

Die Kurven des Diagramms enthalten stets die Mittel dreier Monate vereinigt, deren Charakter häufig verschieden ist. Wie abhängig die Lufttemperatur auf Island von der Verteilung des Luftdruckes zwischen Grönland und Nordskandinavien ist, zeigen die folgenden Zahlen:

	1885		1891		
	Januar.	Februar.	Februar.	März.	April.
$b_1 - b_2$	— 6 mm	+ 11 mm	— 3 mm	+ 11 mm	0 mm
t_A	+ 3,1°	— 4,2°	+ 3,3°	— 2,4°	+ 1,4° C.

$b_1 - b_2$ = Luftdruckdifferenz zwischen 70° Breite, 20° W-Lg. und 70° Breite, 20° O-Lg.
t_A = Abweichung der Monatstemperatur zu Stykkisholm von der normalen.

Im Januar 1885 und Februar 1891 ist die Luftdruckdifferenz zwischen Grönland und Nordskandinavien negativ, d. h. ein Gebiet hohen Luftdruckes liegt an der europäischen Seite des Ostgrönländischen Meeres und bewirkt südliche Winde, welche eine bedeutende Temperaturerhöhung auf Island bedingen. In den darauf folgenden Monaten Februar 1885 und März 1891, in welchen der Luftdruckunterschied zwischen Grönland und Nordskandinavien + 11 mm beträgt, liegt das Hochdruckgebiet über Grönland, und der Transport kalter Luft aus Norden veranlaßt ein erhebliches Temperaturdefizit auf Island.

Aber nicht nur auf Island, sondern auch im nördlichen Europa müssen sich die anomalen Luftdruckverhältnisse, welche die Vorstöße oder Rückzüge des Eises veranlassen, bemerkbar machen; allerdings wird sich die Einwirkung der nördlichen Luftströmung, je weiter wir nach Süden gehen, abschwächen, da alsdann die Luftdruckverteilung über dem Festlande an Einfluß gewinnt. Zu diesem Zwecke betrachten wir die Temperaturverhältnisse von Bodö (in der Nähe des Polarkreises) und von Kopenhagen in den vier außergewöhnlich eisreichen und in den zwei eisarmen Jahren.

		1881	1882	1888	1891	1884	1889
Bodö	t_1	— 3,1	— 0,5	— 3,3	— 0,0	+ 0,9	+ 0,6
„	t_2	— 2,0	+ 0,6	— 1,8	— 0,5	+ 1,1	+ 0,5
Kopenhagen	t_1	— 1,0	+ 2,0	— 2,3	— 0,1	+ 0,5	+ 0,6
„	t_2	— 1,0	+ 0,9	— 2,0	— 0,3	+ 0,3	+ 0,6

t_1 = Abweichung der Lufttemperatur (März—Mai) von der normalen.
t_2 = „ „ „ (März—August) „ „ „

Der Einfluß der starken, nördlichen Luftströmungen in den ungemein eisreichen Jahren macht sich für Bodö durch negative Temperaturanomalie in dem Zeitraume März bis Mai deutlich bemerkbar; die normale Temperatur von 1891 resultiert aus der Lage der norwegischen Zyklone, welche für Bodö zum Teil schon südliche Winde bedingt. In Kopenhagen macht sich im Jahre 1882 die aus der Luftdruckkarte (März—Mai) ersichtliche starke südwestliche Luftströmung bemerkbar; in den übrigen eisreichen Jahren herrscht auch hier negative Temperaturanomalie, jedoch etwas geringer wie in Bodö. In den eisarmen Jahren haben wir sowohl für Bodö wie für Kopenhagen positive Temperaturanomalie, und zwar erstreckt sich diese nicht allein auf den Zeitraum März bis Mai, sondern auch auf die Monate Juli bis August.

Bei der Diskussion der ungemein eisreichen Jahre ergab sich, daß in den beiden Jahren 1881 und 1888 das Eis schon im Januar auf Island eintraf und in den Frühlingsmonaten bis zur Südküste der Insel vordrang, daß also die polare Strömung in diesen beiden Jahren besonders stark entwickelt war. Es war dies eine Folge der winterlichen Luftdruckverteilung, da in diesen beiden Jahren der Gradient zwischen Grönland und Nordskandinavien auch im Winter anomal groß war, während in den beiden Jahren 1882 und 1891 wärend des Winters ungünstige Luftdruckverhältnisse für den Polarstrom herrschten. Diese starke Zufuhr polaren Wassers in den Jahren 1881 und 1888 spiegelt sich deutlich wieder in den Meerestemperaturen, welche zu Thorshavn auf den Färöer-Inseln und in Ona an der norwegischen Küste beobachtet wurden:

Abweichungen der Oberflächentemperatur des Meeres zu Thorshavn und Ona vom 20- bezw. 27jährigen Mittel.

	Thorshavn		Ona	
	1881	1888	1881	1888
Januar	— 1,2	+ 0,1	— 1,3	— 0,5
Februar	— 0,9	— 1,0	— 1,6	— 1,2
März	— 0,8	— 1,2	— 1,3	— 1,5
April	— 1,0	— 1,4	— 1,7	— 0,9
Mai	— 0,4	— 1,4	— 1,4	— 0,9
Juni	— 0,7	— 0,6	— 1,1	— 0,9
Juli	— 0,3	— 1,0	— 0,1	— 1,7
August	— 0,6	— 1,1	0,0	— 2,0
September	— 0,1	— 0,6	— 0,4	— 1,2
Oktober	+ 0,3	— 1,3	+ 0,1	— 1,5
November	+ 0,9	— 0,9	— 0,2	— 0,9
Dezember	+ 0,6	+ 0,2	+ 0,5	+ 0,3

In beiden Jahren und sowohl auf den Färöern wie an der norwegischen Küste ist die Temperatur der Meeresoberfläche erheblich niedriger wie in normalen Jahren (im Durchschnitt um etwa 1°). Die Temperaturanomalie erstreckt sich über den ganzen Frühling und Sommer und zeigt ein Zurückdrangen des warmen Golfstromwassers infolge Vordringens der polaren Strömungen an. In Verbindung hiermit steht die enorm große Temperaturanomalie im nördlichen Europa, welche für Bodö über 3° für die Monate März bis Mai und ungefähr 2° für den Gesamtzeitraum März bis August beträgt.[1]) Auch in Kopenhagen ist in allen Monaten diese Kälteperiode deutlich ausgeprägt und beträgt in den beiden Jahren 1881 und 1888 1 bis 2° für den Gesamtzeitraum März bis August.

Faßt man die Resultate der vorliegenden Untersuchungen kurz zusammen, so ergeben sich folgende Schlußfolgerungen:

I. Die Lage der Eisgrenze im Sommer zwischen Spitzbergen, Grönland und Island ist abhängig von der Größe des Luftdruckgradienten zwischen Grönland und Nordskandinavien in den Monaten März bis Mai.

[1]) Siehe hierüber auch die Arbeiten von Pettersson und Meinardus: „Meteorolog. Zeitschrift", XIII, 1896, und „Zeitschr. d. Ges. f. Erdk.". Berlin, XXXIII, 1898.

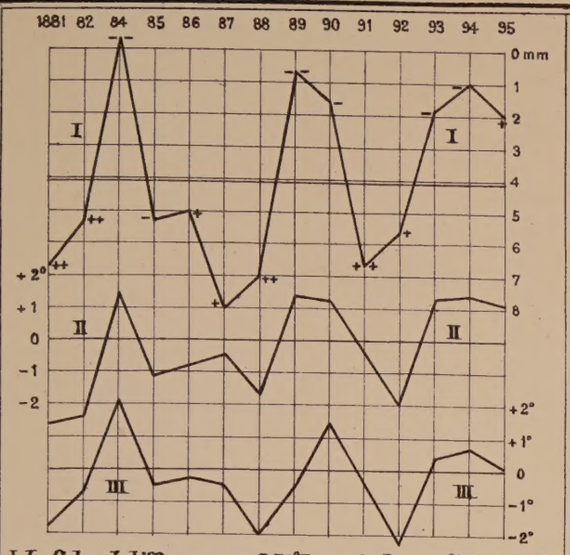
II. Als Ursache der anomal großen Luftdruckdifferenz Grönland—Nordskandinavien, welche eine Ausbreitung des Eises herbeiführt, kann einerseits die Vertiefung des bei Nordskandinavien befindlichen Minimums, andererseits die Verstärkung des grönländischen Hochdruckgebietes angesehen werden.

III. Von Einfluß auf die Lage der Eisgrenze im Ostgrönländischen Meer ist auch die Größe des Gradienten zwischen Grönland und Nordskandinavien in den Wintermonaten; jedoch ist sie dies erst in zweiter Linie.

IV. In den ungemein eisreichen Jahren zeigt sich eine Herabsetzung der Oberflächentemperatur des Ostgrönländischen Meeres und der Lufttemperatur auf Island und im nördlichen Europa (März—Mai), während in den eisarmen Jahren die Temperatur stets höher ist wie in normalen Jahren.

Bei der Abfassung vorliegender Arbeit hat mich Herr Privatdozent Dr. Meinardus in freundschaftlichster Weise mit seinem Rat unterstützt; ich spreche ihm auch an dieser Stelle meinen herzlichsten Dank aus.

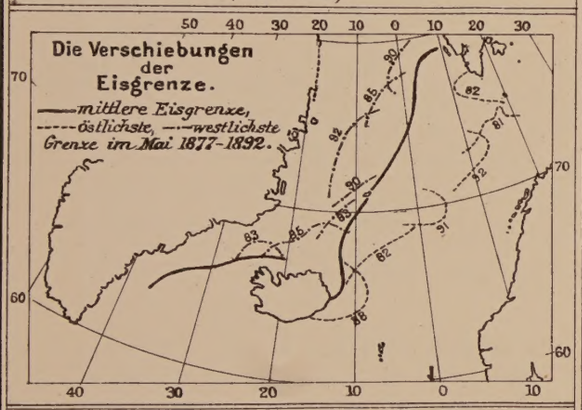
Beziehungen zwischen der Luftdruckverteilung und den Eisverhältnissen
des Ostgrönländischen Meeres.

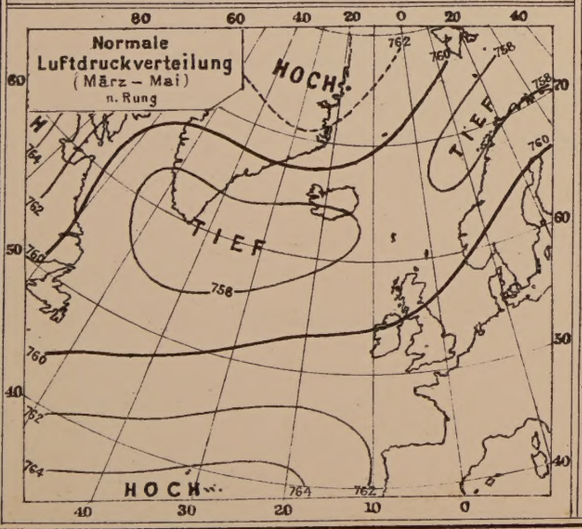


I *Luftdruckdifferenz auf 70° Br. zwischen 20° W u. 20° O-Lg.* (März-Mai)
-- ungemein eisarmes Jahr, − günstiger als normal
++ ungemein eisreiches Jahr, + ungünstiger als normal

II *Abweichung der Lufttemperatur auf Stykkisholm* (Island) (März-Mai)

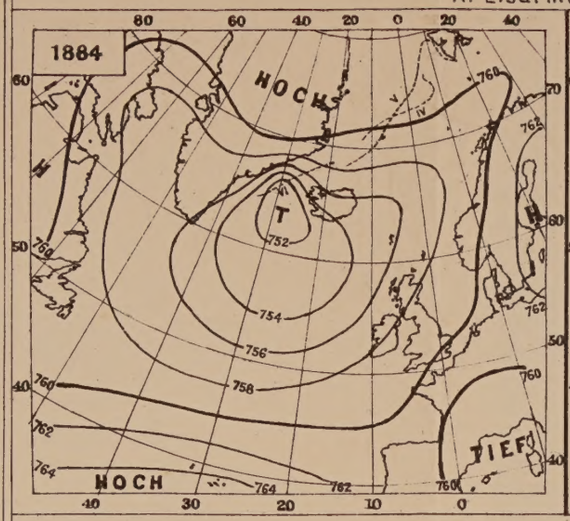
III *Abweichung der Meerestemperatur bei Papey* (Island) (März-Mai)

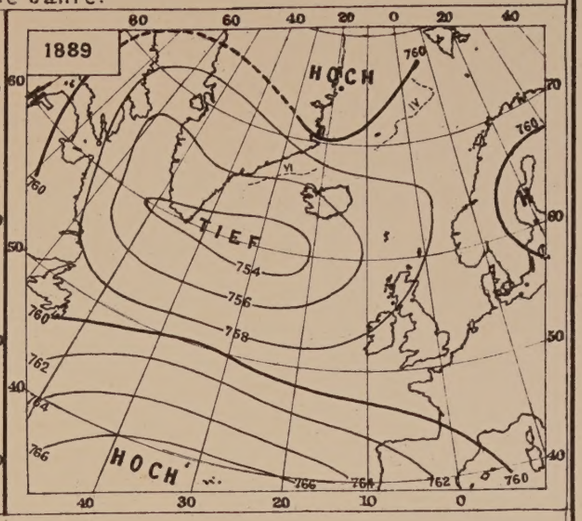




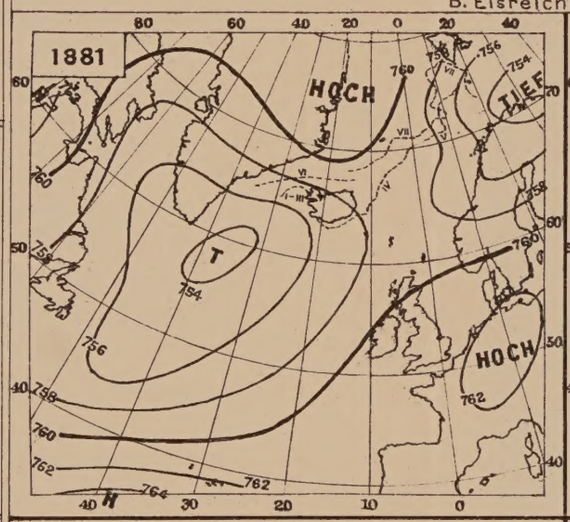
Luftdruckverteilung (März-Mai)

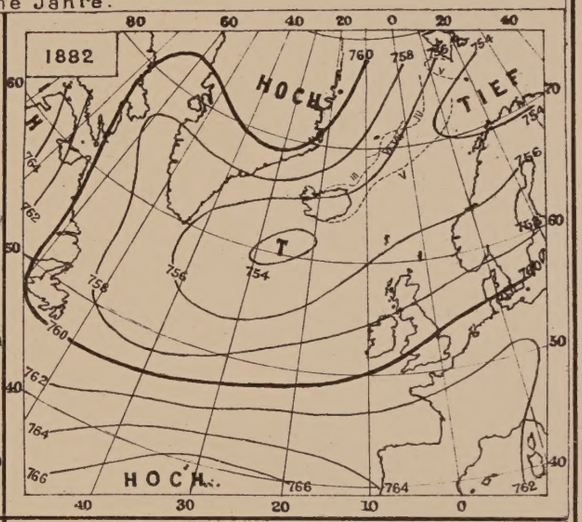
A. Eisarme Jahre.

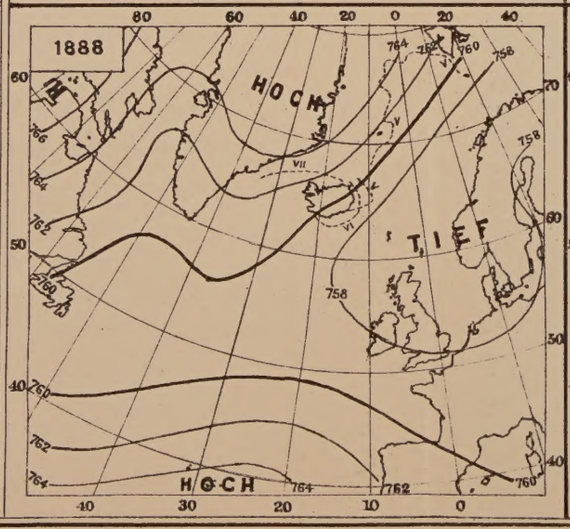


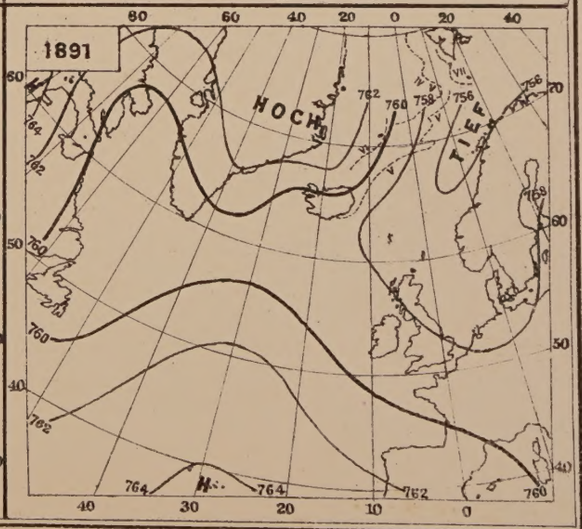


B. Eisreiche Jahre.









VI Eisgrenzen für die dabei vermerkten Monate.

Druck der Seewarte, Hamburg.

Lebenslauf.

Geboren wurde ich, Carl Wilhelm Adolf Brennecke, am 6. Juli 1875 zu Hildesheim als Sohn des 1892 verstorbenen Oberlehrers Professor Dr. Adolf Brennecke.

Ich bin evangelischen Bekenntnisses und habe das Realgymnasium zu Elberfeld besucht, auf welchem ich Michaelis 1893 das Reife-Examen bestand.

Nachdem ich ein Jahr der praktischen Ausbildung im Maschinenbau gewidmet hatte, studierte ich von Michaelis 1894 bis 1898 Ingenieurwissenschaften auf der technischen Hochschule zu Charlottenburg.

Von 1898 bis Ostern 1901 hörte ich Vorlesungen an der Universität zu Berlin über Meteorologie, Geographie und Physik.

Von Ostern 1898 bis 1899 war ich am Meteorologischen Observatorium zu Potsdam beschäftigt, von Ostern 1899 bis 1900 als Assistent am Physikalischen Kabinett der Landwirtschaftlichen Hochschule; seit Ostern 1900 bin ich in gleicher Eigenschaft am Meteorologischen Institut zu Berlin. Während des Winters 1901/1902 war ich als Observator auf dem Brocken tätig. Die mündliche Promotionsprüfung bestand ich am 12. November 1903.

An der technischen Hochschule zählten zu meinen Lehrern in Mathematik und Naturwissenschaften die Herren:

Dziobeck, Hettner, Hauck, Lampe, Paalzow und Pietsch.

An der Universität die Herren:

Blasius, v. Bezold, Dilthey, v. Drygalski, Less, Meinardus, v. Richthofen, Schumann und Warburg.

Allen diesen meinen hochverehrten Lehrern, besonders den Herren v. Bezold und v. Richthofen, spreche ich auch an dieser Stelle meinen besten Dank aus.